



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

# Patentschrift DE 196 31 590 C 2

21 Aktenzeichen: 196 31 590.5-35  
22 Anmeldetag: 5. 8. 96  
43 Offenlegungstag: 12. 2. 98  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 23. 9. 99

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 01 S 13/93**  
G 01 S 13/04  
G 01 S 13/42  
G 01 S 7/292  
G 01 S 7/36

DE 196 31 590 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:

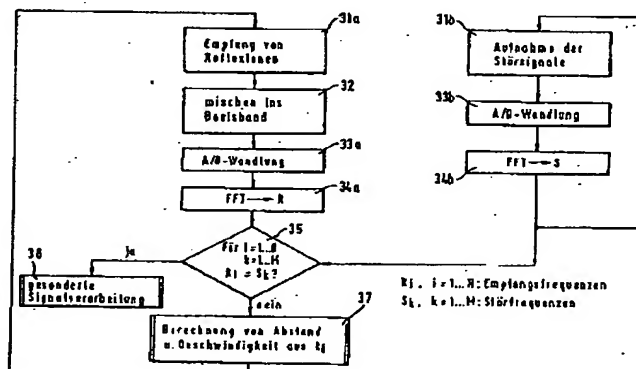
Winter, Klaus, Dr., 71071 Schwieberdingen, DE;  
Mayer, Hermann, 71665 Vaihingen, DE; Engelke,  
Claus, 70195 Stuttgart, DE; Marchthaler, Reiner,  
73333 Gingen, DE; Hildebrandt, Juergen, 73235  
Weilheim, DE; Hauk, Joachim, 71665 Vaihingen, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 44 20 432 A1  
DE 40 40 572 A1  
DE 39 38 777 A1  
DE 38 30 992 A1  
DE 25 00 877 A1  
GB 21 72 461 A  
EP 4 62 641 A1

54 Verfahren zur Behandlung von Störsignalen bei einem Kraftfahrzeug-Radarsystem und  
Kraftfahrzeug-Radarsystem hierfür

57 Bei einem Radarsystem, das insbesondere für Anwendungen in oder an Kraftfahrzeugen vorgesehen ist, können durch unerwünscht einstrahlende elektromagnetische Störsignale, die beispielsweise von der Zündung herrühren können, Falschziele hervorgerufen werden. Zur Erkennung solcher Falschziele werden einstrahlende Störsignale mindestens einmal unabhängig, d. h. getrennt von den Radarsignalen, aufgenommen (31b) und derselben ersten Signalverarbeitung zugeführt (34b), wie üblicherweise die Radarsignale. Dadurch erhält man Signalverarbeitungsdaten, die bekanntermaßen Falschziele repräsentieren. Die aus der Verarbeitung von aufgenommenen Radarsignalen gewonnenen Daten werden dann auf Übereinstimmungen mit diesen überprüft (35). Im Fall einer Übereinstimmung kann das entsprechende Radarziel als Falschziel eingestuft werden und seine Daten werden vorteilhafterweise einer gesonderten Signalverarbeitung (36) zugeführt.



DE 196 31 590 C 2

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Radarsystem insbesondere für Anwendungen in oder an Kraftfahrzeugen zur Detektion von Objekten und/oder zur Bestimmung von Abständen, Geschwindigkeiten und/oder weiteren Kenngrößen.

Ein solches System ist beispielsweise aus der DE-OS 40 40 572 (WO 92/11543) bekannt, in der ein Radarverfahren vorgeschlagen wird zur Messung des Abstandes und der Geschwindigkeit eines Objektes. Bei dem dort vorgeschlagenen FMCW-Radarprinzip wird eine Sendefrequenz beispielsweise zwischen 50 und 100 GHz mit einem Hub von z. B. 300 MHz rampenförmig moduliert abgestrahlt. Gleichzeitig dazu werden entstehende Reflexionen angestrahelter Objekte, nachfolgend als Radarziele bezeichnet, empfangen und mit der jeweils momentanen Sendefrequenz gemischt. Von den dabei entstehenden Mischprodukten wird jeweils die Differenzfrequenz  $f_{\text{Diff}}$  ausgewertet, die einerseits auf Grund der Laufzeit des Radarsignals von der Entfernung des Objektes und andererseits auf Grund des Dopplereffektes von dessen Geschwindigkeit abhängt. Zur Berechnung der beiden einzelnen Größen werden die nacheinander erhaltenen Differenzfrequenzen  $f_{\text{Diff\_an}}$  und  $f_{\text{Diff\_ab}}$  eines jeden Objektes aus jeweils einer ansteigenden und einer abfallenden Flanke der Modulationsrampe verwendet. Deren arithmetisches Mittel ist ein Maß für den Abstand, da sich in diesem Fall die Dopplereinflüsse kompensieren. Ihre Differenz ist ein Maß für die Geschwindigkeit, da sich in diesem Fall die jeweils gleiche Laufzeitverschiebung heraushebt.

Die eigentliche Signalverarbeitung zur Berechnung der Entfernung und der Geschwindigkeit des angestrahnten Objektes beruht dabei also auf der Auswertung der Differenzfrequenzen zwischen dem ausgesendeten und dem gleichzeitig empfangenen Signal. Diese Differenzfrequenzen liegen bei den in der DE-OS 40 40 572 insbesondere angesprochenen Anwendungen im Straßenverkehr prinzipbedingt im Bereich von 0 ... 200 KHz. Gelangen nun durch – in der Regel unerwünschte – Abstrahlungen anderer Signalquellen Signale mit Frequenzen aus diesem Bereich an den Eingang der Radarsignalverarbeitung, werden diese von ihr als mögliche Radarziele interpretiert und verarbeitet. Die so hervorgerufenen, scheinbaren Radarziele werden nachfolgend als Falschziele bezeichnet.

Störsignale, die solche Falschziele hervorrufen können, sind insbesondere beim Einbau eines solchen Radarsystems in Kraftfahrzeugen zu berücksichtigen und rühren dort insbesondere von der Zündanlage und/oder der Lichtmaschine her.

In der Patentanmeldung GB 2 172 461 A wird ein Radarsystem vorgeschlagen zur Bestimmung von Abstand und Geschwindigkeit von bewegten Objekten, bei dem unerwünschte und insofern ebenfalls störende Signale von unbewegten Objekten.

Aus der DE 38 30 992 A1 ist ein Radarhöhenmesser bekannt, der nach dem FMCW-Prinzip aufgebaut ist und mit vollständig digitaler Auswertung konzipiert ist. Hierbei werden spektrale Überlagerungen vom gemessenen Spektrum subtrahiert. Hierzu wird vorher ein Eichzyklus durchgeführt und die Werte werden im Speicher des Mikrocomputers abgelegt. Die genannten spektralen Überlagerungen rühren dabei zum Beispiel von Einkopplungen her, die durch die endliche Antennenkopplung zwischen Sende- und Empfangsantenne entstehen.

Dementsprechend liegt der hier vorgeschlagenen Erfindung die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren zur Behandlung von Störsignalen anzugeben, das besonders geeignet ist zur Behandlung von typischen Störsignalen bei einem Kraftfahrzeug-Radarsystem. Typische Störsignale können bei einem Kraftfahrzeug-Radarsystem insbesondere von der Zündanlage und/oder der Lichtmaschine herrühren.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß Störsignale, die im Frequenzbereich herabgemischter Nutzsignale des Radarsystems liegen, wenigstens einmal getrennt von den zu verarbeitenden Nutzsignalen (in der Regel den Reflexionen der angestrahnten Objekte) aufgenommen werden, wobei die aufgenommenen Störsignale einer eben solchen Analog-Digitalwandlung sowie einer eben solchen Spektraltransformation unterzogen werden wie die Nutzsignale, wobei aus der Spektraltransformation der aufgenommenen Störsignale erhaltene Spektralwerte als Falschziele eingestuft werden und wobei die als Falschziel eingestuften Spektralwerte bei einem nachfolgend oder zeitgleich erhaltenen Spektrum aufgenommenener Nutzsignale unterdrückt werden und wobei die als Falschziel eingestuften Spektralwerte in einer gesonderten Störsignalverarbeitung dahingehend ausgewertet werden, daß sie eine Entscheidung über eine korrekte oder nicht-korrekte Funktion von Komponenten des Bordnetzes erlauben.

Entsprechend einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung erfolgt in der gesonderten Signalverarbeitung eine Verarbeitung derart, daß das Radarsystem abhängig von der Menge der erhaltenen Falschziele abgeschaltet wird.

Entsprechend einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung erfolgt die getrennte Aufnahme der Störsignale über Nutzsignalleitungen des Radarsystems, indem die Störsignale während wenigstens eines Zeitabschnitts, in dem das Radarsystem keine Nutzsignale sendet oder empfängt, über die Nutzsignalleitungen des Radarsystems aufgenommen werden.

Weiterhin vorteilhaft ist die getrennte Aufnahme der Störsignale über Meßleitungen, die Signale an Spannungsversorgungsleitungen abgreifen.

Entsprechend einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung erfolgt die getrennte Aufnahme der Störsignale während des Betriebs des Radarsystems permanent.

Eine Realisierung entsprechend dem ersten Ausführungsbeispiel bietet darüber hinaus den Vorteil, daß keine zusätzlichen Schaltungsmaßnahmen erforderlich sind, sondern allein die für ein solches Radarsystem bekannten und vorhandenen Komponenten genutzt werden. Dabei werden die Störsignale in ihrer letztlich ausschlaggebenden Gesamtheit aufgenommen, so daß auch einzeln nur jeweils kleine Störsignale, die sich jedoch beispielsweise durch gegenseitige Überlagerung verstärken, wirkungsgerecht erfaßt werden.

## Beschreibung der Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen

Zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung sind anhand nachfolgender Zeichnung näher beschrieben und erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild eines Radarsystems inklusive der im zweiten Ausführungsbeispiel erläuterten zusätzlichen Meßleitungen,

Fig. 2 ein Zeitdiagramm für einen möglichen Frequenzverlauf des Sende-/Empfangsoszillators des Radarsystems und

Fig. 3 ein Flußdiagramm zur Darstellung der erfindungsgemäßen Radarsignalverarbeitung.

In Fig. 1 ist eine Sende-/Empfangsantenne 10 über Signalleitungen 18 mit einer Sende-/Empfangsweiche 11, diese mit einem Mischer 12 und dieser wiederum mit einem A/D-Wandler 14 verbunden. Ein spannungsgesteuerter Oszillator 13 ist über nicht näher bezeichnete Leitungen sowohl mit der Sende-/Empfangsweiche 11 als auch mit dem Mischer 12 verbunden. Der A/D-Wandler 14 liefert seine Signale an einen Digitalen Signalprozessor 15. Von diesem gehen Verbindungen zu weiterführenden Komponenten ab, die in diesem Bild nicht mehr dargestellt sind. Eine Spannungsversorgung 16 ist über Versorgungsleitungen 17 exemplarisch mit dem Oszillator 13, dem A/D-Wandler 14 und dem Digitalen Signalprozessor 15 verbunden. Von diesen exemplarisch gezeichneten Versorgungsleitungen führen ebenfalls exemplarisch Meßleitungen 19 zu weiteren Eingängen des A/D-Wandlers 14. Mit 20 sind auf die Leitungen einstrahlende oder auf ihnen vorhandene Störsignale symbolisch angedeutet.

Über die Sende-/Empfangsweiche 11 und die Antenne 10 werden vom Oszillator 13 erzeugte und beispielsweise für ein FMCW-Radarverfahren in der Frequenz rampenförmig modulierte Hochfrequenzsignale abgestrahlt. Diese werden dem Radarprinzip entsprechend von Objekten im Strahlungsbereich der Antenne reflektiert. Die Reflexionen werden als Radarsignale wiederum über die Antenne 10 und die Sende-/Empfangsweiche 11 dem Mischer 12 zugeführt und dort mit der jeweils momentanen Sendefrequenz gemischt. Über in der Fig. 1 nicht dargestellte Filter und Verstärker werden vorzugsweise die Differenzsignale herausgefiltert, im A/D-Wandler 14 digitalisiert und einer ersten Signalverarbeitung, die in diesem Fall in dem Digitalen Signalprozessor 15 beispielsweise mittels einer Fast Fourier Transformation erfolgt, zugeführt. Damit erhält man hier ein diskretes Spektrum, dessen einzelne Frequenzen identifizierten Radarzielen entsprechen. Diese Frequenzen können nun beispielsweise dahingehend weiterverarbeitet werden, daß die Entfernung und die Geschwindigkeit der einzelnen Radarziele aus ihnen berechnet wird.

Fig. 2 zeigt einen zeitlichen Verlauf, wie sich die Frequenz des Sende-/Empfangsoszillators 13 bei dem hier beispielhaft angenommenen FMCW-Radarverfahren verändern könnte. Wesentlich ist dabei, daß es zwischen einzelnen Zeitabschnitten 24, in denen der Oszillator 13 modulierte Hochfrequenzsignale abgibt, mindestens einen Zeitabschnitt 25 gibt, in dem der Oszillator keine zur Vermessung von Radarzielen genutzten Signale abgibt, d. h. im konkreten Fall hier entweder abgeschaltet ist oder eine konstante Frequenz liefert. Demzufolge befinden sich in einem solchen Zeitabschnitt 25 keinerlei gültige Radarsignale auf den Signalleitungen 18.

Dies kann gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel dazu genutzt werden, einstrahlende Störsignale aufzunehmen, indem man die während mindestens eines solchen Zeitabschnitts 25 am Eingang des A/D-Wandlers 14 anliegenden Signale digitalisiert und zunächst so weiterverarbeitet, als wären es gültige Radarziele. Im vorliegenden Fall wäre dies die beispielhaft angenommene Fast Fourier Transformation, aus der man nun die einzelnen Frequenzen und Amplituden der Störsignale erhält. Speichert man diese Werte, kann man sie nachfolgend mit den Ergebnissen aus einer Verarbeitung von aufgenommenen Radarsignalen auf etwaige Übereinstimmungen überprüfen und Radarziele mit übereinstimmenden Frequenzen und/oder Amplituden als mögliche Falschziele einstufen. Diese werden dann vorteilhafterweise entweder direkt oder nach einer Verifikation auf Grund weiterer Messungen von einer weiteren Verarbeitung als Radarsignal ausgeschlossen und/oder als erkannte oder mutmaßliche Falschziele einer gesonderten Signalverarbeitung unter-

zogen.

Gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel erfolgt die Aufnahme der möglicherweise Falschziele hervorruhenden Störsignale über eigene Meßleitungen 19 an definierten Meßpunkten, wobei diese vorzugsweise die Welligkeit der Signale auf den exemplarisch gezeichneten Spannungsversorgungsleitungen 17 abgreifen. Diese Ausführungsvariante kann alternativ oder auch zusätzlich zu der im ersten Ausführungsbeispiel erläuterten Form vorhanden sein, bei der die Störsignale bei abgeschaltetem Oszillator über die Signalleitungen 18 aufgenommen werden. Da die Meßleitungen 19 zusätzlich zu den Signalleitungen 18 vorhanden sind, ist die Aufnahme der Störsignale in diesem Ausführungsbeispiel nicht an das Vorhandensein von Zeitabschnitten 25 gebunden. Insofern eignet sich diese Variante auch für Radarsysteme, die permanent Radarsignale abstrahlen oder aufnehmen. Ebenso kann die Aufnahme der Störsignale in diesem Ausführungsbeispiel permanent erfolgen, sie kann jedoch aus praktischen Gründen heraus trotzdem an Zeitabschnitte 25 gekoppelt sein.

Unabhängig von der Art ihrer Aufnahme ist wesentlich, daß die Störsignale derselben ersten Signalverarbeitung zugeführt werden wie die auf Grund von Reflexionen empfangenen Radarsignale. Fig. 3 verdeutlicht anhand eines Flußdiagramms den Ablauf der zur Erkennung von Falschzielen bzw. zur Einstufung eines Radarziels als ein solches führt.

Die Störsignale werden gemäß 31b mindestens einmal unabhängig von den empfangenen Radarsignalen aufgenommen und wie diese einer A/D-Wandlung 33b und einer Fast Fourier Transformation 34b zugeführt. Als Ergebnis erhält man das Spektrum der Störsignale S. Dieser Vorgang muß mindestens einmal durchlaufen werden, kann jedoch auch stichprobenartig wiederholt oder permanent geschehen. Die Radarsignale werden als von den jeweiligen angestrahelten Objekten reflektierte Signale über die Antenne des Radarsystems empfangen 31a, heruntergemischt 32 und ebenfalls einer A/D-Wandlung 33a und einer Fast Fourier Transformation 34a unterzogen. Dies führt auf das Spektrum der Radarsignale R. Die beiden Spektren können, müssen jedoch nicht, unterschiedlich viele diskrete Frequenzen enthalten, die hier beispielhaft mit den Laufindizes i und k gekennzeichnet sind. Bevor das Spektrum der empfangenen Radarsignale R nun weiterverarbeitet wird, erfolgt eine Überprüfung 35 auf etwaige Übereinstimmungen mit Frequenzen im Spektrum der Störsignale S. Diese Überprüfung kann sich allein auf das Vorhandensein gleicher Frequenzen beschränken oder auch weitere Informationen wie z. B. die Größe der zugehörigen Amplituden mitberücksichtigen. Treten Übereinstimmungen auf, werden die entsprechenden Frequenzen im Spektrum R beispielsweise von der weiteren Verarbeitung als Radarziel ausgeschlossen.

Insbesondere für stationäre Störsignale gilt im Zusammenhang mit den empfangenen Radarsignalen Superposition, d. h. die Störsignale überlagern sich den empfangenen Radarsignalen additiv. Damit können diese überlagerten Störsignale durch Subtraktion des Störspektrums S vom Spektrum der empfangenen Radarsignale R eliminiert oder zumindest gemindert werden.

Die Frequenzen, für die sich eine Übereinstimmung gemäß 35 ergibt, werden einer gesonderten Signalverarbeitung 36 unterzogen, die beispielsweise beinhalten kann, daß das Radarsystem beim Auftreten zuvieler Falschziele aus Sicherheitsgründen abgeschaltet wird. Eine andere Möglichkeit, die insbesondere in Verbindung mit dem zweiten Ausführungsbeispiel Anwendung finden kann, ist, daß aus den Störsignalen, die in Form der Welligkeit der Signale auf den Versorgungsspannungsleitungen aufgenommen werden, Daten herausgearbeitet werden, die Rückschlüsse über eine

korrekte oder nicht-korrekte Funktion der Komponenten des Bordnetzes erlauben.

Die nach der Überprüfung 35 verbleibenden Frequenzen des Spektrums R werden der vorgesehenen, weiteren und an sich bekannten Radarsignalverarbeitung 37 zugeführt.

Gemäß weiterer Ausführungsformen kann die Aufnahme der Störsignale in ihrer Gesamtheit über die Signalleitungen auch erfolgen, ohne daß der Oszillator 13 explizit abgeschaltet sein muß. Wesentlich ist in dem Fall nur, daß die Signalleitungen 18 während der Aufnahme der Störsignale keine gültigen Radarsignale führen, da sie ja im Rahmen der Signalverarbeitung von diesen getrennt werden sollen. Dies könnte beispielsweise auch dadurch realisiert werden, daß der Oszillator nicht abgeschaltet, sondern beispielsweise nur mit PIN-Dioden vom Empfangsmischer abgetrennt wird. Ebenso könnte man statt dessen oder zusätzlich die Antenne vom Empfangsmischer wegschalten.

Weiterhin kann anstelle der bisher angenommenen Fast Fourier Transformation auch jede andere Orthogonaltransformation, beispielsweise die Hartley Transformation zur Signalverarbeitung genutzt werden.

Schließlich ist die hier vorgeschlagene Erfindung nicht nur auf das in den Ausführungsbeispielen genannte FMCW-Radarverfahren beschränkt. Sie läßt sich ebenso bei un- oder anders modulierten Dauerstrich- oder auch bei Pulsradarverfahren anwenden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Behandlung von Störsignalen bei einem Kraftfahrzeug-Radarsystem,

– wobei Störsignale (20), die im Frequenzbereich herabgemischter Nutzsignale des Radarsystems liegen, wenigstens einmal getrennt von den Nutzsignalen aufgenommen werden (31b),

– wobei die aufgenommenen Störsignale einer eben solchen Analog-Digitalwandlung (33b) sowie einer eben solchen Spektraltransformation (34b) unterzogen werden wie die Nutzsignale,

wobei aus der Spektraltransformation der aufgenommenen Störsignale erhaltene Spektralwerte als Falschziele eingestuft werden und

– wobei die als Falschziel eingestuften Spektralwerte bei einem nachfolgend oder zeitgleich erhaltenen Spektrum aufgenommener Nutzsignale unterdrückt werden (35),

**dadurch gekennzeichnet**, daß die als Falschziel eingestuften Spektralwerte in einer gesonderten Störsignalverarbeitung (36) dahingehend ausgewertet werden, daß sie eine Entscheidung über eine korrekte oder nicht-korrekte Funktion von Komponenten des Bordnetzes (16) erlauben.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die gesonderte Störsignalverarbeitung (36) beinhaltet, daß das Radarsystem abhängig von der Menge der erhaltenen Falschziele abgeschaltet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die getrennte Aufnahme der Störsignale über Nutzsignalleitungen (18) des Radarsystems erfolgt, indem die Störsignale während wenigstens eines Zeitabschnitts (25), in dem das Radarsystem keine Nutzsignale sendet oder empfängt, über die Nutzsignalleitungen (18) des Radarsystems aufgenommen werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die getrennte Aufnahme der Störsignale über Meßleitungen (19) erfolgt, die Signale an Spannungsversorgungsleitungen (17) abgreifen.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,

net, daß die getrennte Aufnahme der Störsignale während des Betriebs des Radarsystems permanent erfolgt.

6. Kraftfahrzeug-Radarsystem,

– mit Signalaufnahmemitteln (10, 11, 12, 14, 15) zur Aufnahme von Nutz- und/oder Störsignalen (20), wobei die Störsignale wenigstens einmal getrennt von den Nutzsignalen aufnehmbar sind,

– mit Signalverarbeitungsmitteln (14, 15) zur Signalverarbeitung der aufgenommenen Nutz- und/oder Störsignale, wobei die Signalverarbeitungsmittel wenigstens einen Analog-Digitalwandler (14) sowie Mittel zur Durchführung einer Spektraltransformation (15) beinhalten und

– mit Mitteln (15) zur Erkennung und Unterdrückung aufgenommener Störsignale innerhalb eines Spektrums aufgenommenen Nutzsignale anhand der wenigstens einmal getrennt aufgenommenen Störsignale,

**dadurch gekennzeichnet**, daß die Signalverarbeitungsmittel (15) weiterhin geeignet sind zur Auswertung von Spektralwerten der wenigstens einmal getrennt aufgenommenen Störsignale dahingehend, daß sie eine Entscheidung über eine korrekte oder nicht-korrekte Funktion von Komponenten des Bordnetzes (16) erlauben.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

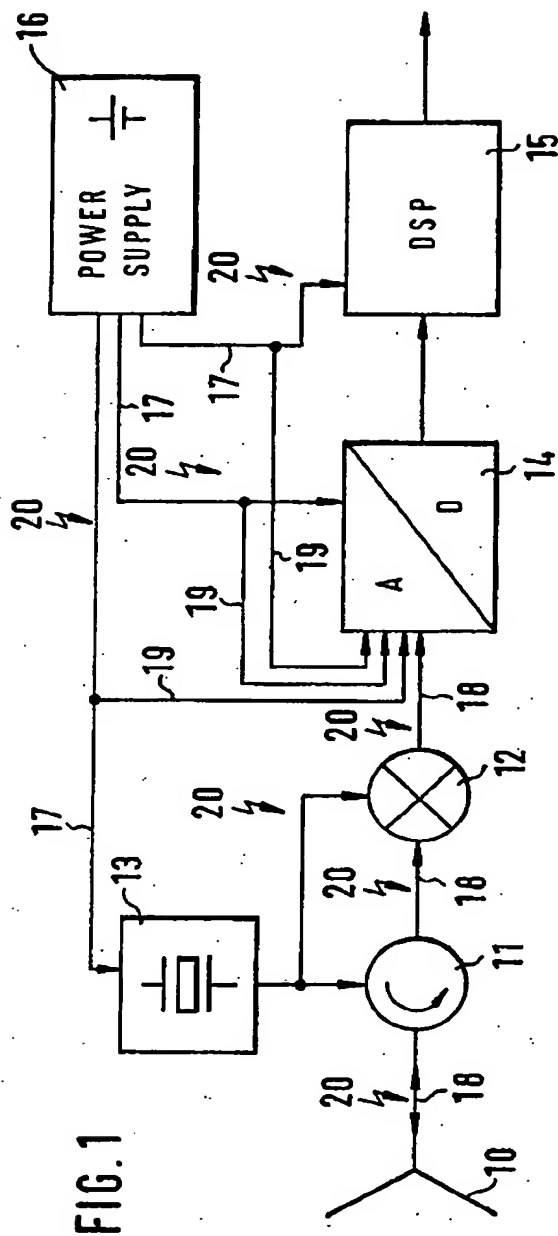


FIG. 1

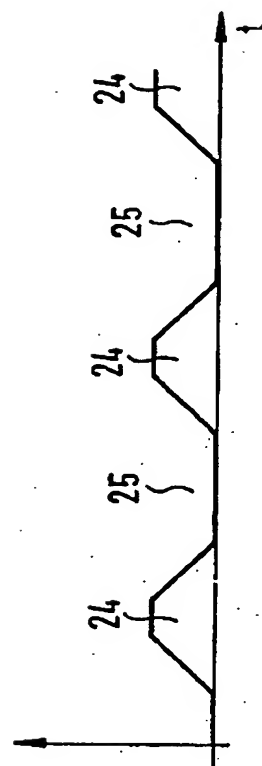


FIG. 2

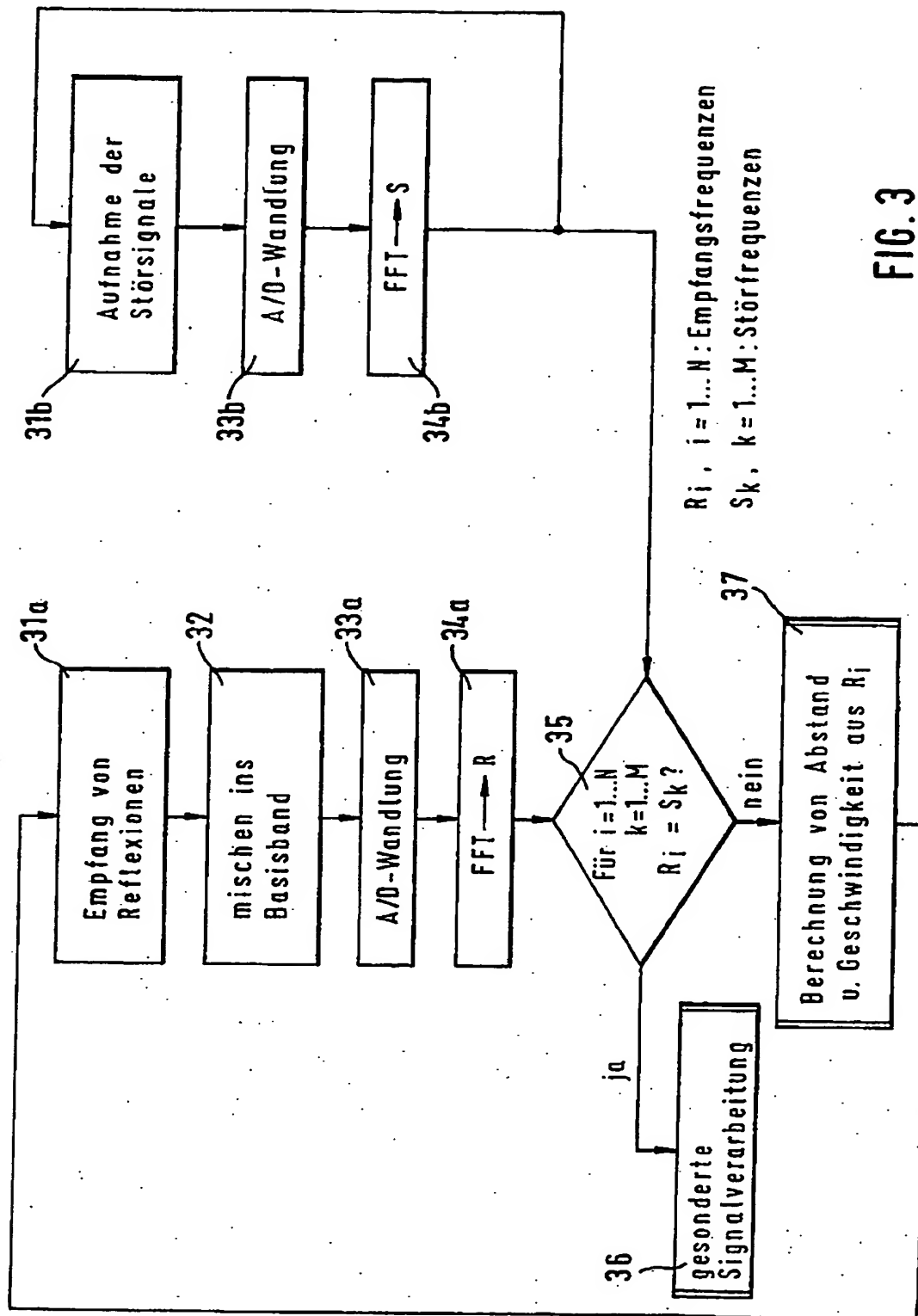


FIG. 3